

Beschreibung

Wärmeleitende Verpackung von elektronischen Schaltungseinheiten

5

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein eine wärmeleitende Verpackung zur Entwärmung elektronischer Schaltungseinheiten, und betrifft insbesondere eine Verpackungsvorrichtung zur Verpackung elektronischer Schaltungseinheiten mit einem Verpackungsmittel, das die elektronische Schaltungseinheit umgibt und das elektrisch isolierend ist, wobei in dem Verpackungsmittel Partikel dispergiert sind, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, um Wärme von der elektronischen Schaltungseinheit zu einer Außenseite einer Verpackung hin abzuführen.

15

Eine zunehmende Miniaturisierung elektronischer Schaltungseinheiten erfordert es, dass eine effiziente Entwärmung bzw. eine effiziente Wärmeabfuhr der in den elektronischen Schaltungseinheiten umgesetzten Wärme zu der Außenseite eines Gehäuses bzw. einer Verpackung hin erfolgt. Eine Wärmeentwicklung, die bei einem Betrieb von integrierten Schaltungen, welche beispielsweise auf Siliziumbasis betrieben werden, entsteht, muss daher effektiv an die Umgebung abgeführt werden.

25

Der entsprechende Wärmestrom durchläuft dabei eine Reihe von Materialien mit unterschiedlichen thermischen Eigenschaften. Derartige Materialien umfassen beispielsweise bei einem Halbleistungshalbleiter das Material Silizium mit einer guten Wärmeleitfähigkeit, ein Gehäusematerial aus einer organischen Pressmasse, das eine schlechte Wärmeleitfähigkeit aufweist, eine Kupferplatte oder einen metallischer Kühlkörper mit einer entsprechend guten Wärmeleitfähigkeit; oder bei einer Hochleistungs-CPU (Central Processing Unit, zentrale Verarbeitungseinheit) die Materialien Silizium mit guter Wärmeleitfähigkeit, Klebemittel mit schlechter Wärmeleitfähigkeit

30

35

BEST AVAILABLE COPY

und einen Wärmeverteiler mit guter Wärmeleitfähigkeit, ein weiteres Klebemittel mit schlechter Wärmeleitfähigkeit, eine Kupferplatte mit guter Wärmeleitfähigkeit und einen Kühlkörper mit entsprechend guter Wärmeleitfähigkeit.

5

Da derartige Materialien hinsichtlich des Wärmestroms in Reihe angeordnet sind, gibt das Element mit dem größten thermischen Widerstand bzw. der schlechtesten Wärmeleitfähigkeit ein Maß für eine obere Grenze der Wärmeleitfähigkeit der Verpackung der elektronischen Schaltungseinheit vor. In dem oben genannten Beispiel ist der Kleber bzw. das Gehäusematerial bzw. das Verpackungsmittel der elektronischen Schaltungseinheit das Element, das den größten thermischen Widerstand aufweist.

15

In herkömmlicher Weise sind Materialien, die als thermische Leiter, Klebemittel etc. verwendet werden, als organische Kunststoffe bereitgestellt, wie beispielsweise Epoxide, Polyimide etc. Die Wärmeleitfähigkeit derartiger organischer Kunststoffe beträgt typischerweise 0,2 W/mK. Es ist somit ein Nachteil herkömmlicher Verpackungsmittel, dass deren Wärmeleitfähigkeit einen sehr geringen Wert aufweist. Unter anderem Weise kann die durch die zunehmende Miniaturisierung elektronischer Schaltungseinheiten entstehende Wärme nicht mehr in ausreichendem Maße abgeführt werden.

25

Zur Behebung dieses Nachteils ist vorgeschlagen worden, die thermische Leitfähigkeit derartiger organischer Kunststoffe durch eine Einbringung von Partikeln oder Clustern zu erhöhen, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Insbesondere ist vorgeschlagen worden, Siliziumpartikel in die organischen Kunststoffe einzubringen, wobei die entstehenden Kompositmaterialien dann Wärmeleitfähigkeiten in dem Bereich um 1 W/mK erreichen (W = Watt, m = Meter, K = Kelvin).

35

Fig. 3 zeigt eine herkömmliche Verpackungsvorrichtung zur Verpackung eines Leistungshalbleiters mittels eines Komposit-

materials, welches Siliziumpartikel enthält. Innerhalb des Verpackungsmittels befindet sich ein Metall als ein Basiskörper, auf welchem ein Siliziumchip (Si-Chip) angebracht ist. Zur elektrischen Kontaktierung dienen elektrische Anschlüsse, die mit dem Siliziumchip über einen Verbindungspfad elektrisch verbunden sind.

In nachteiliger Weise ist die in Fig. 3 gezeigte Anordnung zur Entwärmung von Leistungshalbleitern bei höheren Wärmeentwicklungen nicht geeignet, da das Kompositmaterial mit dem eingebrachten Silizium-Partikeln eine zu geringe Wärmeleitfähigkeit im Bereich von 1 W/mK aufweist.

Weiterhin ist vorgeschlagen worden, einen Wärmeverteiler für elektronische Schaltungen vorzusehen, der ein Matrixmaterial umfasst, in welches Kohlenstoff-Nanoröhrchen eingebracht sind, wie in der US 6,407,922 B1 beschrieben. Derartige Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT, Carbon Nano Tube) sind in hohem Maße thermisch leitfähig und wirken sehr effektiv, eine Wärme von einer Schaltungseinheit in einer Richtung abzutransportieren.

Weiterhin ist aus der Publikation "Biercuk et al.: Applied Physics Letters, vol. 80, no. 15, p. 2767 ff. (2002) Carbon nanotube composites for thermal management" bekannt, Kohlenstoff-Nanoröhrchen-Komposite zur Wärmeleitung einzusetzen. Ein Nachteil der offenbarten Vorrichtungen zur Wärmeleitung besteht darin, dass die Komposite mit einem zunehmenden Anteil von Kohlenstoff-Nanoröhrchen elektrisch leitend werden, was dazu führt, dass der Füllungsanteil begrenzt ist.

In nachteiliger Weise beträgt der Füllungsanteil von Kohlenstoff-Nanoröhrchen bei derartigen Wärmeleitungseinrichtungen 0,1 % bis 0,2 %. Dies führt unzuweckmäßiger Weise dazu, dass eine Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit eingeschränkt ist.

Es ist somit ein wesentlicher Nachteil herkömmlicher Verfahren und Vorrichtungen zur Verpackung elektronischer Schaltungseinheiten, dass die Verpackungsmittel keine ausreichende Wärmeleitfähigkeit bei einer erforderlichen elektrischen Isolation aufweisen.

Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Verpackungsvorrichtung zur Verpackung elektronischer Schaltungseinheiten zu schaffen, die eine ausreichende thermische Leitfähigkeit bei guten Isolationseigenschaften aufweist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Verpackungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Ferner wird die Aufgabe durch ein im Patentanspruch 15 angegebenes Verfahren gelöst. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung besteht darin, eine hohe Wärmeleitfähigkeit von Nanoelementen, beispielsweise Kohlenstoff-Nanoröhrchen, zu nutzen, indem diese in ein Verpackungsmittel einer Verpackungsvorrichtung dispergiert werden, wobei in vorteilhafter Weise eine ausreichende elektrische Isolation durch ein Unterdrücken der elektrischen Leitfähigkeit der Nanoelemente bereitgestellt wird.

In zweckmäßiger Weise wird eine Leitfähigkeit der Nanoelemente bzw. der Nanoröhrchen dadurch bereitgestellt, dass die Nanoelemente mit einer elektrisch isolierenden Ummantelungsschicht versehen werden. Weiterhin ist es vorteilhaft, dass die in dem Verpackungsmittel dispergierten Partikel, die durch die Nanoelemente mit der hohen Wärmeleitfähigkeit bereitgestellt werden, derart funktionalisiert sind, dass elektrische Leitungseigenschaften der Nanoelemente unterdrückt werden.

Nanoelemente, die als Nanoröhrchen ausgebildet sind, weisen entlang ihrer Längsachse eine besonders gute Wärmeleitfähigkeit

keit auf, so dass es in vorteilhafter Weise möglich ist, die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente in ihrer Längsachse parallel zumindest in einem Wärmestrom, der zwischen der Schaltungseinheit und einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung fließt, ausrichtbar sind.

Weiterhin ist es zweckmäßig, eine Länge der Nanoröhrchen deutlich kürzer einzustellen als eine Dicke des Verpackungsmittel für die elektronische Schaltungseinheit. Durch eine Einbringung von Nanoelementen in das Verpackungsmittel wird weiterhin der Vorteil erzielt, dass das gesamte Kompositmaterial durch die Beimischung von Nanoröhrchen äußerst hart und dadurch kratzfest wird.

Die erfindungsgemäße Verpackungsvorrichtung zur Verpackung elektronischer Schaltungseinheiten weist im Wesentlichen auf:

a) ein Verpackungsmittel, das die elektronische Schaltungseinheit umgibt und das elektrisch isolierend ist; und

b) in dem Verpackungsmittel dispergierte Partikel, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, wobei die in dem Verpackungsmittel dispergierten Partikel als Nanoelemente ausgebildet sind.

Ferner weist das erfindungsgemäße Verfahren zum Verpacken elektronischer Schaltungseinheiten im Wesentlichen die folgenden Schritte auf:

a) Bereitstellen eines Verpackungsmittels, das elektrisch isolierend ist;

b) Dispergieren von Partikeln, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, in dem Verpackungsmittel; und

c) Umgeben der elektronischen Schaltungseinheit mit dem Verpackungsmittel, in welchem die Partikel mit der hohen Wärme-

leitfähigkeit dispergiert sind, wobei die in dem Verpackungsmittel dispergierten Partikel als Nanoelemente bereitgestellt werden.

- 5 Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sind die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente als Nanoröhrchen bereitgestellt. Weiterhin ist es zweckmäßig, die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente als Siliziumnanodrähte vorzusehen.

10

Bevorzugtermaßen sind die Nanoröhrchen im Wesentlichen aus Kohlenstoff aufgebaut und somit als Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT = Carbon Nano Tube) ausgebildet.

- 15 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sind die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente mit einer elektrisch isolierenden Ummantelungsschicht versehen. Somit ist es zweckmäßig, dass eine hohe Wärmeleitfähigkeit bei einer gleichzeitigen Unterdrückung der elektrischen Leitfähigkeit der dispergierten Partikel erhalten wird. Weiterhin ist es möglich, dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente derart funktionalisiert sind, dass elektrische Leitungseigenschaften der Nanoelemente unterdrückt werden. Weiterhin ist es vorteilhaft, dass die
- 20 die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente derart
- 25 intrinsisch dotiert sind, dass ein metallisches π -System eliminiert ist.

- 30 Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sind die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente als Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT) bereitgestellt und mit Stickstoff (N) und/oder mit Bor (B) derart intrinsisch dotiert, dass das metallische π -System eliminiert ist.

35

Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sind die die dispergierten Partikel bil-

denden Nanoelemente als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt, welche eine große Bandlücke aufweisen. Vorzugsweise sind die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente als derartige Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt, welche Bornitrid (BN), Bohr-Kohlenstoffnitrid (BCN) und/oder Vanadiumpentoxid (V₂O₅) enthalten.

Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung sind die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente mit einer Längsachse parallel zu mindestens einem Wärmestrom, der zwischen der Schaltungseinheit und einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung fließt, ausgerichtet.

Vorzugsweise weisen die Längsachsen der die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente Ausdehnungen auf, die wesentlich kleiner als eine Dicke des Verpackungsmittels sind.

Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung weist die elektrisch isolierende Ummantelungsschicht, z.B. Polymere, Tenside, Oxide (SiO₂, Ta₂O₅), welche die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente umgibt, eine Schichtdicke in einem Bereich von 5 nm bis 50 nm (Nanometer) auf.

Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird das Verpackungsmittel nach einem Umgeben der elektronischen Schaltungseinheit mit dem Verpackungsmittel, in welchem die Partikel mit der hohen Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, ausgehärtet. Vorzugsweise wird das Aushärten bei einer erhöhten Temperatur bereitgestellt.

Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung wird ein Wärmestrom von der Schaltungseinheit zu einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung über das Verpackungsmittel, in welchem die Partikel mit der hohen

Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, transportiert, um die Schaltungseinheit zu kühlen.

Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vor-
5 liegenden Erfindung wird ein Wärmestrom von einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung zu der Schaltungseinheit über das Verpackungsmittel, in welchem die Partikel mit der hohen Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, transportiert, um die Schaltungseinheit zu erwärmen.

10 Vorzugsweise werden die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente mit einer Längsachse parallel zu mindestens einem Wärmestrom, der zwischen der Schaltungseinheit und einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung fließt, ausgerichtet.
15

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.
20

In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Verpackungsvorrichtung, in welcher eine Leistungshalbleiter als eine elektronische Schaltungseinheit verpackt ist, gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
25

Fig. 2 eine Verpackungsvorrichtung, die in einem Flip-Chip-Gehäuse angeordnet ist, gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und
30

Fig. 3 eine herkömmliche Verpackungsvorrichtung für elektronische Schaltungseinheiten.
35

In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten oder Schritte.

Bei der in Fig. 1 gezeigten Anordnung ist eine elektronische Schaltungseinheit 102, die auf einem Basiskörper 103 aufgebracht ist, in der erfindungsgemäßen Verpackungsvorrichtung
5 verpackt gezeigt. Die Schaltungseinheit 102 und der Basiskörper 103 bilden beispielsweise einen Leistungshalbleiter derart, dass der Basiskörper 103 aus einem Metall ausgelegt ist, auf welchem ein Siliziumchip (Si-Chip) aufgebracht ist.

10 Zur elektrischen Kontaktierung der Schaltungseinheit 102 dient eine Anschlusseinheit 104, welche mit der Schaltungseinheit 102 über eine Verbindungseinheit 105 verbunden ist. Zur Verpackung des aus der Schaltungseinheit 102 und dem Basiskörper 103 gebildeten Leistungshalbleiters dient ein
15 Verpackungsmittel 100, welches die Schaltungseinheit 102, den Basiskörper 103, die Verbindungseinheit 105 und einen Teil der Anschlusseinheit 104 umgibt. Der nach außen vorstehende Teil der Anschlusseinheit 104 dient einer elektrischen Kontaktierung der Schaltungseinheit 102.

20 Es sei darauf hingewiesen, dass, um eine Funktionsfähigkeit der Schaltungseinheit 102 aufrecht zu erhalten, eine hohe Isolationsfähigkeit des Verpackungsmittels 100 vorhanden sein muss. Das heißt, das Verpackungsmittel 100 muss einen elektrischen Isolator darstellen, um jegliche Spannungsdurchbrüche, die insbesondere bei Leistungshalbleitern bzw. Leistungsbauteilen auftreten können, zu verhindern.

30 Erfindungsgemäß ist das Verpackungsmittel 100 mit Partikeln versetzt, die in dem Verpackungsmittel 100 dispergiert sind. Fig. 1 (a) zeigt die Verpackungsvorrichtung 100 mit der elektronischen Schaltungseinheit 102 und den als Nanoelementen 101 ausgebildeten dispergierten Partikeln.

35 Fig. 1 (b) zeigt ein Detail A der Fig. 1 (a). In Fig. 1 (b) ist zu ersehen, dass ein Nanoelement 101 mit einer Ummantlungsschicht 106 versehen ist, welche elektrisch isolierend

ist. Auf diese Weise wird es ermöglicht, die sehr guten Wärmeleitungs-
eigenschaften mit einer elektrischen Isolation zu kombinieren. Eine derartige
isolierende Umhüllungsschicht bzw. Ummantelungsschicht 106 weist eine Schichtdicke vorzugs-
weise im Bereich von 5 bis 50 Nanometern (nm) auf, in noch
bevorzugter Weise beträgt die Schichtdicke 25 nm. Bei einer
Dicke der Ummantelungsschicht 106 von 25 nm beträgt der Mindestabstand zwischen den Nanelementen 101, die vorzugsweise
aus Kohlenstoff-Nanoröhrchen ausgebildet sind, 50 nm.

Dieser Mindestabstand zwischen den Kohlenstoff-Nanoröhrchen ist ausreichend, um eine hervorragende elektrische Isolation des Verpackungsmittels sicherzustellen. Bei Kohlenstoff-Nanoröhrchen mit typischen Durchmessern von 10 nm beträgt der
maximale, geometrisch mögliche Volumenanteil für eine derartige Konfiguration 3 % und ist damit wesentlich höher als der Anteil von Kohlenstoff-Nanoröhrchen in herkömmlichen Verpackungsmitteln, welcher, wie obenstehend erläutert, bei 0,2 % bis 0,3 % liegt. Ein besonderer Vorteil liegt in der extrem hohen Wärmeleitfähigkeit von Kohlenstoff-Nanoröhrchen, die in der Größenordnung von 6000 W/mK in axialer Richtung liegt. Bei einer Verringerung der Schichtdicke der Ummantelungsschicht 106 auf 5 nm, welche in manchen Fällen geeignet ist, um eine gute elektrische Isolation sicherzustellen, ergibt sich ein Volumenanteil der Kohlenstoff-Nanoröhrchen in der Größenordnung von 25 %.

Es sei darauf hingewiesen, dass ein Abstand der Kohlenstoff-Nanoröhrchen untereinander lediglich groß genug sein muss, um ein Fließen von Tunnelströmen zu verhindern.

Weiterhin ist es möglich, dass die dispergierten Partikel bildenden Nanelemente derart funktionalisiert werden, dass ein elektrisches Leitungsverhalten der Nanelemente unterdrückt wird. Dies wird beispielsweise durch ein "Funktionalisieren" von Kohlenstoff-Nanoröhrchen erreicht. Es sei darauf hingewiesen, dass die in Fig. 1 (b) gezeigte Isolierung von

Kohlenstoff-Nanoröhrchen gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung nur eine Möglichkeit darstellt, die Nanoelemente elektrisch zu isolieren. Bei einem Funktionalisieren (in den Figuren nicht gezeigt) von Kohlenstoff-Nanoröhrchen wird die hohe Wärmeleitfähigkeit des phononischen Systems, d.h. der thermisch angeregten Schwingungen der Gitteratome aufrecht erhalten, da die Wärmeleitfähigkeit weitgehend unabhängig von der elektrischen Leitfähigkeit ist. Die elektrische Leitfähigkeit der Kohlenstoff-Nanoröhrchen beruht auf der Tatsache, dass die Leitungselektronen ein delokalisiertes π -Elektronensystem ausbilden.

Eine derartige Unabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit von der Wärmeleitfähigkeit wird beispielsweise auch in einem Diamant-Material bereitgestellt. Diamant-Material weist eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit auf, die von dem phononischen System des Diamant-Materials getragen wird, während das Diamant-Material ein ausgezeichneter elektrischer Isolator ist. Bei Kohlenstoff-Nanoröhrchen ist es möglich, das elektronische System durch ein kontrolliertes chemisches Funktionalisieren, d.h. einen chemischen Angriff, beispielsweise mit Halogenen, Schwefel und/oder Sauerstoff-Gruppen derart zu modifizieren, dass der metallische Charakter der Kohlenstoff-Nanoröhrchen unterdrückt wird. Durch eine derartige Funktionalisierung werden die für das phononische System maßgeblichen Bindungsverhältnisse zwischen den Kohlenstoffatomen der Kohlenstoff-Nanoröhrchen nur wenig beeinflusst.

Dies führt dazu, dass die wärmeleitenden Eigenschaften erhalten bleiben, während gleichzeitig eine elektrische Leitfähigkeit eliminiert wird.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die in den Figuren nicht gezeigt ist, ist es möglich, die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente 102 derart intrinsisch zu dotieren, dass ein metallisches π -System eliminiert wird. Ein derartiges intrinsisches

Dotieren von Kohlenstoff-Nanoröhrchen erfolgt beispielsweise mit Stickstoff oder Bor, wodurch das metallische Π -System zerstört wird.

5 Es sei darauf hingewiesen, dass ein derartiges Funktionalisieren und/oder intrinsisches Dotieren Durchschnittsfachleuten bekannt ist, wie beispielsweise in den Publikationen "Seifert et al.: Applied Physics Letters, vol. 77, p. 1313 ff., (2000): Molecular wires, solenoids, and capacitors by
10 sidewall functionalization of carbon nanotubes" und "Goldberg et al.: Chemical Physics Letters, vol. 308, p. 307 ff. (1999): Single-walled B-doped Carbon, B/N-doped carbon and BN nanotubes synthesized from single-walled carbon nanotubes through substitution reaction" offenbart.

15 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform werden die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente 102 als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt, derart, dass eine große Bandlücke entsteht. Derartige Hetero-Nanoröhrchen sind bei-
20 spielsweise aus einem Material BN (Bornitrid), BCN (Bor-Kohlenstoffnitrid) und/oder V_2O_5 (Vanadiumpentoxid) mit jeweils großen Energielücken ausgebildet.

So beträgt die Energielücke für Bornitrid (BN) beispielsweise
25 5 eV derart, dass die Bandlücke zu einem elektrisch isolierenden Verhalten führt. Es sei darauf hingewiesen, dass die Bandlücke bei Silizium lediglich < 1 eV beträgt.

Hinsichtlich der thermischen Leitfähigkeit weisen die Hetero-
30 Nanoröhrchen die gleiche räumliche Anordnung wie die Atome bekannter Kohlenstoff-Nanoröhrchen auf. Es ist daher bei den Hetero-Nanoröhrchen eine ähnliche Struktur des phononischen Systems wie bei den Kohlenstoff-Nanoröhrchen gegeben, derart, dass eine ausgezeichnete Wärmeleitfähigkeit der Hetero-
35 Nanoröhrchen bereitgestellt wird.

Durchschnittsfachleuten sind Herstellungsverfahren von beispielsweise Bornitrid-Nanoröhrchen bekannt, wie in der Publikation "Fuentes et al.: Physical Review B, vol. 67, p. 035429 ff. (2003): Electronic structure of multiwall boron nitride nanotubes" offenbart.

Fig. 2 zeigt ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel gemäß der vorliegenden Erfindung. Ein Basiskörper 103 ist als ein Halteelement angeordnet, der eine Grundlage eines Flip-Chip-Gehäuses bildet. Der Basiskörper 103 ist beispielsweise aus einem Metall ausgeführt, auf welches das Verpackungsmittel 100 aufgebracht ist, das die Nanoelemente 101 enthält.

In der in Fig. 2 gezeigten Anordnung ist eine integrierte Schaltungseinheit auf einem Siliziumchip als die Schaltungseinheit 102 angeordnet, die mit Schaltungseinheits-Anschlusselementen 107 versehen ist. Zur Isolation der Schaltungseinheit 102 von dem Basiskörper 103 dient das Verpackungsmittel 100, das erfindungsgemäß mit Nanoelementen 101 versehen ist. Die Nanoelemente 101 stellen, wie bereits unter Bezugnahme auf Fig. 1 obenstehend erwähnt, eine ausgezeichnete Wärmeleitfähigkeit des Verpackungsmittels dar, derart, dass Wärmeströme zwischen dem Basiskörper 103 und der Schaltungseinheit 102 effizient übertragen werden können.

Erfindungsgemäß ist eine elektrische Leitfähigkeit der Nanoelemente unterdrückt, derart, dass das Verpackungsmittel 100, das in dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung als ein Verbindungsmittel zwischen dem Basiskörper 103 und der Schaltungseinheit 102 fungiert, eine ausreichende elektrische Isolationseigenschaft aufweist.

Bezüglich der in Fig. 3 dargestellten, herkömmlichen Verpackungsvorrichtung wird auf die Beschreibungseinleitung verwiesen.

Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

5

Auch ist die Erfindung nicht auf die genannten Anwendungsmöglichkeiten beschränkt.

Bezugszeichenliste

In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten oder Schritte.

5

100	Verpackungsmittel
101	Nanoelemente
102	Schaltungseinheit
103	Basiskörper
104	Anschlusseinheit
105	Verbindungseinheit
106	Ummantelungsschicht
107	Schaltungseinheit-Anschlusselemente

Patentansprüche

1. Verpackungsvorrichtung zur Verpackung elektronischer Schaltungseinheiten (102), mit:

5

a) einem Verpackungsmittel (100), das die elektronische Schaltungseinheit (102) umgibt und das elektrisch isolierend ist; und

10 b) in dem Verpackungsmittel (100) dispergierten Partikeln, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass

15 c) die in dem Verpackungsmittel (100) dispergierten Partikel als Nanoelemente (101) ausgebildet sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

20 dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) als Nanoröhrchen bereitgestellt sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

25 dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) als Siliziumnanodrähte bereitgestellt sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

30 dass die Nanoröhrchen im wesentlichen aus Kohlenstoff aufgebaut und als Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) ausgebildet sind.

5. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

35 dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) mit einer elektrisch isolierenden Ummantelungsschicht (106) versehen sind.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
5 (101) derart funktionalisiert sind, dass elektrische Lei-
tungseigenschaften der Nanoelemente (101) unterdrückt werden.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) derart intrinsisch dotiert sind, dass ein metallisches
 Π -System eliminiert ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) als Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) bereitgestellt sind
und mit Stickstoff (N) und/oder mit Bor (B) derart intrin-
sisch dotiert sind, dass das metallisches Π -System elimi-
20 niert ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
25 (101) als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt sind, welche
eine große Bandlücke aufweisen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
30 dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt sind, welche
Bornitrid (BN), Bor-Kohlenstoffnitrid (BCN) und/oder Vanadi-
umpentoxid (V_2O_5) enthalten.

35 11. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) mit einer Längsachse parallel zu mindestens einem Wärmestrom, der zwischen der Schaltungseinheit (102) und einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung fließt, ausgerichtet sind.

12. Vorrichtung nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) in ihren Längsachsen Ausdehnungen aufweisen, die wesentlich kleiner als eine Dicke des Verpackungsmittels sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrisch isolierende Ummantelungsschicht (106), welche die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) umgibt, eine Schichtdicke in einem Bereich von 20 nm bis 30 nm aufweist.

14. Elektrischer Isolator mit einer Verpackungsvorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13.

15. Verfahren zum Verpacken elektronischer Schaltungseinheiten (102), mit den Schritten:

a) Bereitstellen eines Verpackungsmittels (100), das elektrisch isolierend ist;

b) Dispergieren von Partikeln, welche eine hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen, in dem Verpackungsmittel (100); und

c) Umgeben der elektronischen Schaltungseinheit (102) mit dem Verpackungsmittel (100), in welchem die Partikel mit der hohen Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind,

dadurch gekennzeichnet, dass

d) die in dem Verpackungsmittel (100) dispergierten Partikel als Nanoelemente (101) bereitgestellt werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass das Verpackungsmittel nach einem Umgeben der elektronischen Schaltungseinheit (102) mit dem Verpackungsmittel (100), in welchem die Partikel mit der hohen Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, ausgehärtet wird.'

10

17. Verfahren nach Anspruch 15,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass ein Wärmestrom von der Schaltungseinheit (102) zu einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung über das Verpackungsmittel (100), in welchem die Partikel mit der hohen Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, transportiert wird, um die Schaltungseinheit (102) zu kühlen.

15

18. Verfahren nach Anspruch 15,

20 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass ein Wärmestrom von einer Außenseite der Verpackungsvorrichtung zu der Schaltungseinheit (102) über das Verpackungsmittel (100), in welchem die Partikel mit der hohen Wärmeleitfähigkeit dispergiert sind, transportiert wird, um die Schaltungseinheit (102) zu erwärmen.

25

19. Verfahren nach Anspruch 15,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) als Nanoröhrchen bereitgestellt werden.

30

20. Verfahren nach Anspruch 15,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente (101) als Siliziumnanodrähte bereitgestellt werden.

35

21. Verfahren nach Anspruch 15,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die Nanoröhrchen im wesentlichen aus Kohlenstoff in der
Form von Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) hergestellt werden.

- 5 22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 und 19 bis 21,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) mit einer elektrisch isolierenden Ummantelungsschicht
(106) überzogen werden.

10

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 und 19 bis 21,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) derart funktionalisiert werden, dass elektrische Lei-
15 tungseigenschaften der Nanoelemente (101) unterdrückt werden.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 und 19 bis 21,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
20 (101) derart intrinsisch dotiert werden, dass ein metalli-
sches Π -System eliminiert wird.

25. Verfahren nach Anspruch 24,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
25 dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) als Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) bereitgestellt werden
und mit Stickstoff (N) und/oder mit Bor (B) derart intrin-
sisch dotiert werden, dass das metallisches Π -System elimi-
niert wird.

30

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 und 19 bis 21,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt werden, welche
35 eine große Bandlücke aufweisen.

27. Verfahren nach Anspruch 26,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) als Hetero-Nanoröhrchen bereitgestellt werden, welche
Bornitrid (BN), Bor-Kohlenstoffnitrid (BCN) und/oder Vanadi-
5 umpentoxid (V_2O_5) enthalten.

28. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 27,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
10 (101) mit einer Längsachse parallel zu mindestens einem Wär-
mestrom, der zwischen der Schaltungseinheit (102) und einer
Außenseite der Verpackungsvorrichtung fließt, ausgerichtet
werden.

15 29. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 28,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die die dispergierten Partikel bildenden Nanoelemente
(101) in ihren Längsachsen Ausdehnungen aufweisen, die we-
sentlich kleiner als eine Dicke des Verpackungsmittels sind.

20

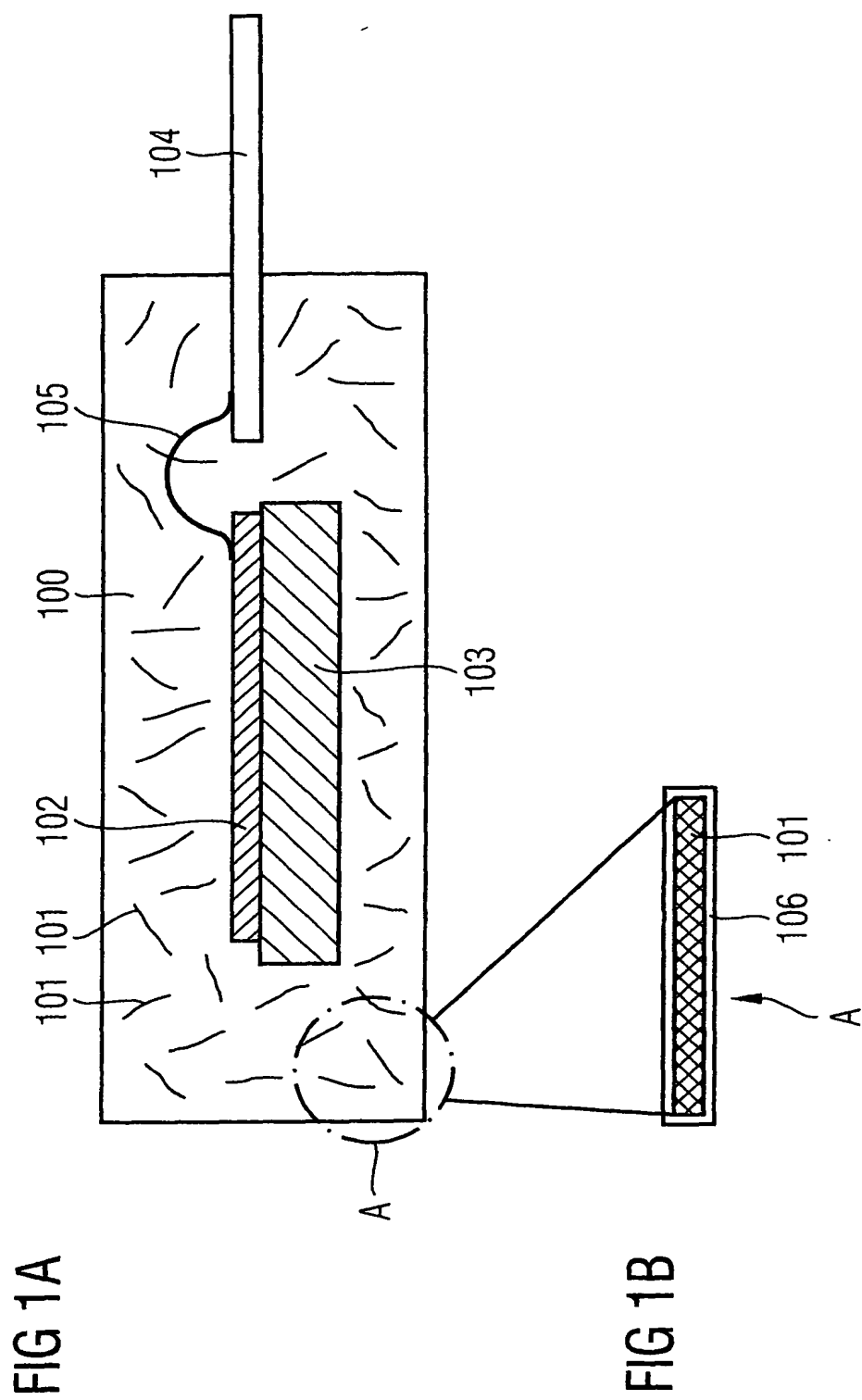


FIG 2

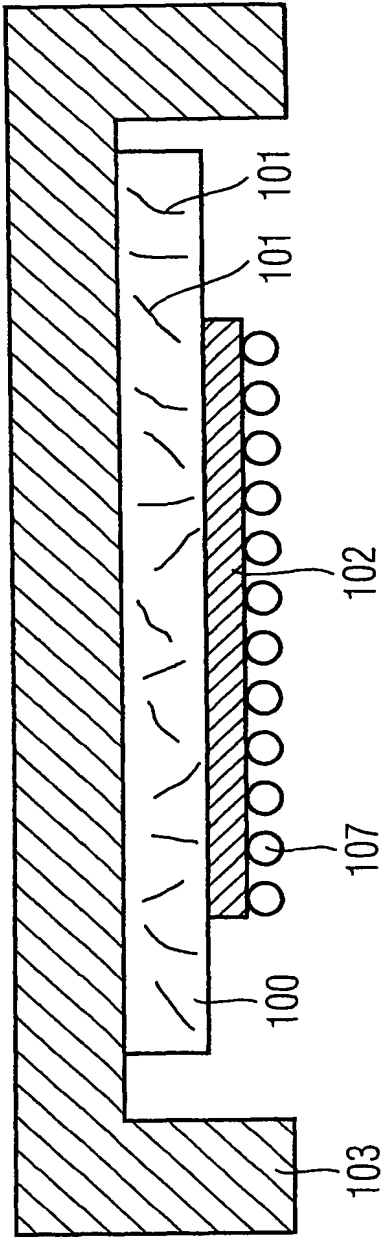
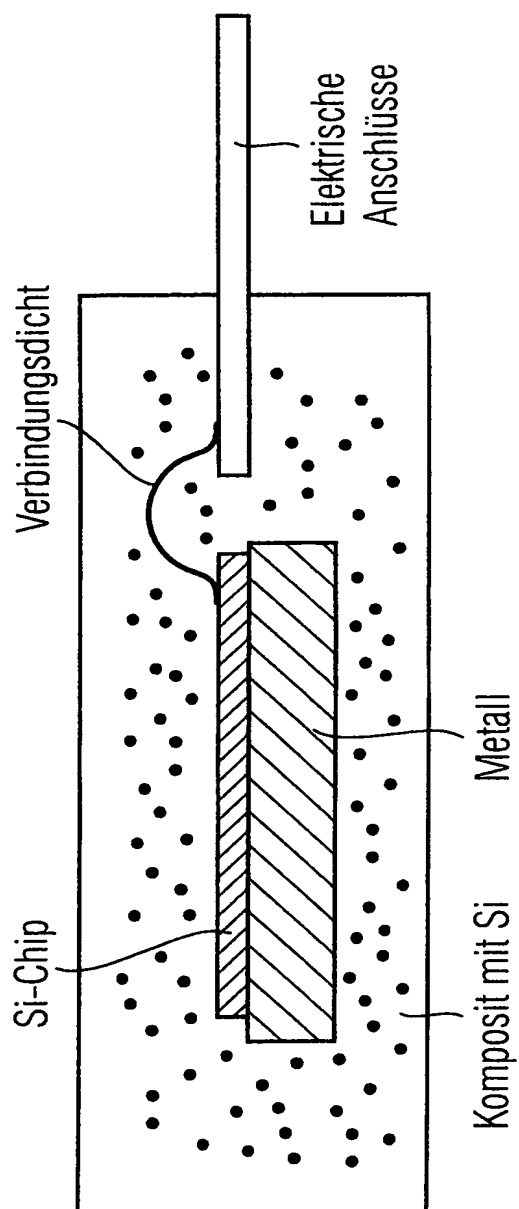


FIG 3
Stand der Technik



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/010262

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L23/373 H01L23/433 D01F9/08 B82B3/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L D01F B82B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 407 922 B1 (ECKBLAD MICHAEL Z ET AL) 18 June 2002 (2002-06-18) cited in the application	1, 2, 4, 11, 12, 14-19, 21, 28, 29 5, 13, 22
Y	column 2, lines 45-48; figures 1, 2 column 3, line 53 - column 4, line 21 column 5, line 57 - column 6, line 63	
Y	WO 02/16257 A (SMALLEY RICHARD E ; UNIV RICE WILLIAM M (US); SMITH KEN A (US); COLBER) 28 February 2002 (2002-02-28) page 12, lines 13-16 page 3, lines 25-36 ----- -/--	5, 13, 22

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 March 2005

Date of mailing of the international search report

05/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3018

Authorized officer

Dauw, X

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/010262

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 03/008186 A (UNIV COLORADO) 30 January 2003 (2003-01-30) page 3, lines 14-22 page 4, lines 22-30 page 7, lines 9-27	
A	BIERCUK M J ET AL: "Carbon nanotube composites for thermal management" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 80, no. 15, 15 April 2002 (2002-04-15), pages 2767-2769, XP012030590 ISSN: 0003-6951 cited in the application the whole document	1-29
A	EP 1 199 328 A (POLYMATECH CO LTD) 24 April 2002 (2002-04-24) abstract; figures 1-4,6-9	1-29
A	US 6 313 015 B1 (LEE CHUN-SING ET AL) 6 November 2001 (2001-11-06) abstract; figures 3,5	3,20
A	US 2003/039602 A1 (SHARMA SHASHANK ET AL) 27 February 2003 (2003-02-27) abstract; figures 7,13	3,20
A	US 2003/151030 A1 (GURIN MICHAEL H) 14 August 2003 (2003-08-14) paragraphs '0015!, '0026!, '0028!, '0065!, '0102! - '0104!	6,23
A	WO 99/57564 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE; CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCI) 11 November 1999 (1999-11-11) page 4, line 23 - page 10, line 20	6,23
A	WO 03/004741 A (WILLIAM MARSH RICE UNIVERSITY) 16 January 2003 (2003-01-16) page 11, line 21 - page 12, line 19	6,23
A	D. GOLBERG, Y. BANDO, W. HAN, K. KURASHIMA, T. SATO: "Single-walled B-doped carbon, B/N doped carbon and BN nanotubes synthesized from single-walled carbon nanotubes through a substitution reaction" CHEMICAL PHYSICS LETTERS, vol. 308, 23 July 1999 (1999-07-23), pages 337-342, XP002320894 the whole document	7,8,24, 25

-/--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/010262

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DILIGENTI A ET AL: "Fabrication and characterization of highly doped suspended silicon wires" MICROELECTRONIC ENGINEERING, ELSEVIER PUBLISHERS BV., AMSTERDAM, NL, vol. 67-68, June 2003 (2003-06), pages 676-682, XP004428935 ISSN: 0167-9317 the whole document	7,8,24, 25
A	US 2002/175408 A1 (MAJUMDAR ARUN ET AL) 28 November 2002 (2002-11-28) paragraphs '0127! - '0131!; claims 6-9; figures 2-11,20,30	7-19, 24-27
A	US 2002/130311 A1 (LIEBER CHARLES M ET AL) 19 September 2002 (2002-09-19) abstract; figures 4,6	3,7-10, 20,24-27
A	US 2001/023986 A1 (MANCEVSKI VLADIMIR) 27 September 2001 (2001-09-27) abstract; figures 1,2	9,10,26, 27
A	YAO Z ET AL: "CARBON NANOTUBE INTRAMOLECULAR JUNCTIONS" NATURE, MACMILLAN JOURNALS LTD. LONDON, GB, vol. 402, no. 6759, 18 November 1999 (1999-11-18), pages 273-276, XP008037751 ISSN: 0028-0836 the whole document	9,10,26, 27

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2004/010 262

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See supplemental sheet

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, namely

1. Claims 1-5, 11-22, 28, 29

Invention I: claims 1, 2, 4, 15-19, 21

The use of (carbon) nanotubes as dispersed thermal conductors in packaging material for electronic circuit units.

Invention II: claims 3, 20

The use of silicon anode wires as dispersed thermal conductors in packaging material for electronic circuit units.

Invention III: claims 1-5, 11-14, 15-22, 28 and 29

The reduction of the nanoelements' conductivity by sheathing the nanoelements in an insulating layer.

2. Claims 6, 23

Invention IV:

The reduction of the nanoelements' conductivity by functionalizing the nanoelements.

3. Claims 7, 8, 24, 25

Invention V:

The reduction of the individual nanoelements' conductivity by doping the nanoelements.

4. Claims 9, 10, 26, 27

Invention VI:

The reduction of the individual nanoelements' conductivity by using heteronanotubes with a large band gap.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/010262

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6407922	B1	18-06-2002	NONE	
WO 0216257	A	28-02-2002	AU 8665501 A EP 1313900 A2 JP 2004506530 T WO 0216257 A2 US 2004186220 A1 US 2002048632 A1 US 2002046872 A1 US 2002068170 A1	04-03-2002 28-05-2003 04-03-2004 28-02-2002 23-09-2004 25-04-2002 25-04-2002 06-06-2002
WO 03008186	A	30-01-2003	CA 2452531 A1 EP 1412175 A1 JP 2005501176 T WO 03008186 A1 US 2003026989 A1 US 2004121073 A1	30-01-2003 28-04-2004 13-01-2005 30-01-2003 06-02-2003 24-06-2004
EP 1199328	A	24-04-2002	JP 2002121404 A EP 1199328 A1 US 2002090501 A1	23-04-2002 24-04-2002 11-07-2002
US 6313015	B1	06-11-2001	NONE	
US 2003039602	A1	27-02-2003	US 2002076553 A1	20-06-2002
US 2003151030	A1	14-08-2003	US 6432320 B1 US 2004069454 A1 US 2004206941 A1	13-08-2002 15-04-2004 21-10-2004
WO 9957564	A	11-11-1999	FR 2778846 A1 AU 3529299 A DE 69921472 D1 EP 1078261 A1 WO 9957564 A1 JP 2002513815 T US 2004018543 A1 US 6656712 B1	26-11-1999 23-11-1999 02-12-2004 28-02-2001 11-11-1999 14-05-2002 29-01-2004 02-12-2003
WO 03004741	A	16-01-2003	US 2003170166 A1 EP 1404908 A1 JP 2005502792 T WO 03004740 A1 WO 03004741 A1 US 2003133865 A1	11-09-2003 07-04-2004 27-01-2005 16-01-2003 16-01-2003 17-07-2003
US 2002175408	A1	28-11-2002	CA 2442985 A1 CN 1507661 A EP 1374309 A1 JP 2004532133 T TW 554388 B WO 02080280 A1 US 2002172820 A1	10-10-2002 23-06-2004 02-01-2004 21-10-2004 21-09-2003 10-10-2002 21-11-2002
US 2002130311	A1	19-09-2002	CA 2447728 A1 EP 1436841 A1 JP 2004535066 T WO 03005450 A2	16-01-2003 14-07-2004 18-11-2004 16-01-2003

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/010262

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002130311 A1		US 2003089899 A1	15-05-2003
		AU 8664901 A	04-03-2002
		CA 2417992 A1	28-02-2002
		EP 1314189 A2	28-05-2003
		JP 2004507104 T	04-03-2004
		WO 0217362 A2	28-02-2002
		AU 2904602 A	24-06-2002
		CA 2430888 A1	20-06-2002
		EP 1342075 A2	10-09-2003
		JP 2004515782 T	27-05-2004
		WO 0248701 A2	20-06-2002
		US 2002117659 A1	29-08-2002
US 2001023986 A1	27-09-2001	US 6597090 B1	22-07-2003
		US 2004018139 A1	29-01-2004
		AU 3676301 A	14-08-2001
		WO 0157917 A2	09-08-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010262

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 H01L23/373 H01L23/433 D01F9/08 B82B3/00		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RESEARCHIERTE GEBIETE Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 H01L D01F B82B		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, INSPEC		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 407 922 B1 (ECKBLAD MICHAEL Z ET AL) 18. Juni 2002 (2002-06-18) in der Anmeldung erwähnt	1,2,4, 11,12, 14-19, 21,28,29
Y	Spalte 2, Zeilen 45-48; Abbildungen 1,2 Spalte 3, Zeile 53 - Spalte 4, Zeile 21 Spalte 5, Zeile 57 - Spalte 6, Zeile 63	5,13,22
Y	WO 02/16257 A (SMALLEY RICHARD E ; UNIV RICE WILLIAM M (US); SMITH KEN A (US); COLBER) 28. Februar 2002 (2002-02-28) Seite 12, Zeilen 13-16 Seite 3, Zeilen 25-36	5,13,22
	-/--	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie </div> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>*Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> </div> </div>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 22. März 2005		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 05/04/2005
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Dauw, X

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010262

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 03/008186 A (UNIV COLORADO) 30. Januar 2003 (2003-01-30) Seite 3, Zeilen 14-22 Seite 4, Zeilen 22-30 Seite 7, Zeilen 9-27 -----	
A	BIERCUK M J ET AL: "Carbon nanotube composites for thermal management" APPLIED PHYSICS LETTERS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 80, Nr. 15, 15. April 2002 (2002-04-15), Seiten 2767-2769, XP012030590 ISSN: 0003-6951 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-29
A	EP 1 199 328 A (POLYMATECH CO LTD) 24. April 2002 (2002-04-24) Zusammenfassung; Abbildungen 1-4,6-9 -----	1-29
A	US 6 313 015 B1 (LEE CHUN-SING ET AL) 6. November 2001 (2001-11-06) Zusammenfassung; Abbildungen 3,5 -----	3,20
A	US 2003/039602 A1 (SHARMA SHASHANK ET AL) 27. Februar 2003 (2003-02-27) Zusammenfassung; Abbildungen 7,13 -----	3,20
A	US 2003/151030 A1 (GURIN MICHAEL H) 14. August 2003 (2003-08-14) Absätze '0015!, '0026!, '0028!, '0065!, '0102! - '0104! -----	6,23
A	WO 99/57564 A (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE; CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCI) 11. November 1999 (1999-11-11) Seite 4, Zeile 23 - Seite 10, Zeile 20 -----	6,23
A	WO 03/004741 A (WILLIAM MARSH RICE UNIVERSITY) 16. Januar 2003 (2003-01-16) Seite 11, Zeile 21 - Seite 12, Zeile 19 -----	6,23
A	D. GOLBERG, Y. BANDO, W. HAN, K. KURASHIMA, T. SATO: "Single-Walled B-doped carbon, B/N doped carbon and BN nanotubes synthesized from single-walled carbon nanotubes through a substitution reaction" CHEMICAL PHYSICS LETTERS, Bd. 308, 23. Juli 1999 (1999-07-23), Seiten 337-342, XP002320894 das ganze Dokument -----	7,8,24, 25
	----- -/--	

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DILIGENTI A ET AL: "Fabrication and characterization of highly doped suspended silicon wires" MICROELECTRONIC ENGINEERING, ELSEVIER PUBLISHERS BV., AMSTERDAM, NL, Bd. 67-68, Juni 2003 (2003-06), Seiten 676-682, XP004428935 ISSN: 0167-9317 das ganze Dokument	7,8,24, 25
A	US 2002/175408 A1 (MAJUMDAR ARUN ET AL) 28. November 2002 (2002-11-28) Absätze '0127! - '0131!; Ansprüche 6-9; Abbildungen 2-11,20,30	7-19, 24-27
A	US 2002/130311 A1 (LIEBER CHARLES M ET AL) 19. September 2002 (2002-09-19) Zusammenfassung; Abbildungen 4,6	3,7-10, 20,24-27
A	US 2001/023986 A1 (MANCEVSKI VLADIMIR) 27. September 2001 (2001-09-27) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2	9,10,26, 27
A	YAO Z ET AL: "CARBON NANOTUBE INTRAMOLECULAR JUNCTIONS" NATURE, MACMILLAN JOURNALS LTD. LONDON, GB, Bd. 402, Nr. 6759, 18. November 1999 (1999-11-18), Seiten 273-276, XP008037751 ISSN: 0028-0836 das ganze Dokument	9,10,26, 27

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/010262

Feld II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die Internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese Internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

siehe Zusatzblatt

1. ☒ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser Internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser Internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der Internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1-5, 11-22, 28, 29

Erfindung I: Ansprüche 1, 2, 4, 15-19, 21

Das benützen von (kohlenstoff) Nanoröhrchen als dispergierten Wärmeleitern in Verpackungsmittel für elektronischen Schaltungseinheiten

Erfindung II: Ansprüche 3, 20

Das benützen von Siliziumnanodrähte als dispergierten Wärmeleitern in Verpackungsmittel für elektronischen Schaltungseinheiten

Erfindung III: Ansprüche 1-5, 11-14, 15-22, 28 und 29

Das verringern der Leitfähigkeit der Nanoelemente durch Ummantelung der Nanoelemente mit einem isolierenden Schicht

2. Ansprüche: 6, 23

Erfindung IV:

Das verringern der Leitfähigkeit der Nanoelemente durch Funktionalisierung der Nanoelemente

3. Ansprüche: 7, 8, 24, 25

Erfindung V:

Das verringern der Leitfähigkeit der einzelne Nanoelemente durch Dotierung der Nanoelemente

4. Ansprüche: 9, 10, 26, 27

Erfindung VI:

Das verringern der Leitfähigkeit der einzelne Nanoelemente durch die Benutzung von Hetero-nanoröhrchen mit einer große Bandlücke.

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010262

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6407922	B1	18-06-2002	KEINE
WO 0216257	A	28-02-2002	AU 8665501 A 04-03-2002 EP 1313900 A2 28-05-2003 JP 2004506530 T 04-03-2004 WO 0216257 A2 28-02-2002 US 2004186220 A1 23-09-2004 US 2002048632 A1 25-04-2002 US 2002046872 A1 25-04-2002 US 2002068170 A1 06-06-2002
WO 03008186	A	30-01-2003	CA 2452531 A1 30-01-2003 EP 1412175 A1 28-04-2004 JP 2005501176 T 13-01-2005 WO 03008186 A1 30-01-2003 US 2003026989 A1 06-02-2003 US 2004121073 A1 24-06-2004
EP 1199328	A	24-04-2002	JP 2002121404 A 23-04-2002 EP 1199328 A1 24-04-2002 US 2002090501 A1 11-07-2002
US 6313015	B1	06-11-2001	KEINE
US 2003039602	A1	27-02-2003	US 2002076553 A1 20-06-2002
US 2003151030	A1	14-08-2003	US 6432320 B1 13-08-2002 US 2004069454 A1 15-04-2004 US 2004206941 A1 21-10-2004
WO 9957564	A	11-11-1999	FR 2778846 A1 26-11-1999 AU 3529299 A 23-11-1999 DE 69921472 D1 02-12-2004 EP 1078261 A1 28-02-2001 WO 9957564 A1 11-11-1999 JP 2002513815 T 14-05-2002 US 2004018543 A1 29-01-2004 US 6656712 B1 02-12-2003
WO 03004741	A	16-01-2003	US 2003170166 A1 11-09-2003 EP 1404908 A1 07-04-2004 JP 2005502792 T 27-01-2005 WO 03004740 A1 16-01-2003 WO 03004741 A1 16-01-2003 US 2003133865 A1 17-07-2003
US 2002175408	A1	28-11-2002	CA 2442985 A1 10-10-2002 CN 1507661 A 23-06-2004 EP 1374309 A1 02-01-2004 JP 2004532133 T 21-10-2004 TW 554388 B 21-09-2003 WO 02080280 A1 10-10-2002 US 2002172820 A1 21-11-2002
US 2002130311	A1	19-09-2002	CA 2447728 A1 16-01-2003 EP 1436841 A1 14-07-2004 JP 2004535066 T 18-11-2004 WO 03005450 A2 16-01-2003

INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010262

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002130311 A1		US 2003089899 A1	15-05-2003
		AU 8664901 A	04-03-2002
		CA 2417992 A1	28-02-2002
		EP 1314189 A2	28-05-2003
		JP 2004507104 T	04-03-2004
		WO 0217362 A2	28-02-2002
		AU 2904602 A	24-06-2002
		CA 2430888 A1	20-06-2002
		EP 1342075 A2	10-09-2003
		JP 2004515782 T	27-05-2004
		WO 0248701 A2	20-06-2002
		US 2002117659 A1	29-08-2002
US 2001023986 A1	27-09-2001	US 6597090 B1	22-07-2003
		US 2004018139 A1	29-01-2004
		AU 3676301 A	14-08-2001
		WO 0157917 A2	09-08-2001

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.